Janvier 1784 

# Essai sur la forme et la construction la plus avantageuse des machines aerostatiques; pour parvenir a les diriger

L'air de l'atmosphère étant un liquide tout comme l'eau des rivières ou de la mer, la machine aerostatique s'y trouve dans le même cas que les corps hydrostatiques dans le dernier élément. La comparaison qu'on en feroit avec un oiseau, a plus forte raison celle d'avec un bateau seroit fausse; mais on la compare aux poissons elle sera juste. Pour la faire mouvoir, il ne s'agit donc, que de lui donner une figure et des agens moteurs analogues à ceux de ces animaux: tel est à ce qu'il nous semble le principe qui doit diriger toutes les tentatives qu'on pourra faire pour réussir à naviguer dans les airs; si cela est possible.

Cependant les effets de la température ou de l'impulsion des courans, ne sont pas en égalité de rapport dans ces deux liquides; ainsi, il est indispensable de modifier les conséquences de ce même principe: en effet, les couches de l'eau sont à peu près d'une densité égale tandis que celles de l'atmosphère varient comme leur degré d'élévation. à la surface de la terre, la densité de l'air est à celle de l'eau comme un est à 850; au lieu que la vitesse des courans des eaux les plus rapides, n'égale pas même celle des vents ~~les~~ médiocres: d'où il suit, que la quantité de mouvement doit être relativement bien plus grande dans l'air que dans l'eau, et que les deux liquides étant supposés stagnans, le mouvement doit s'accélerer et durer après l'impulsion infiniment plus dans l'air que dans l'eau.

Si l'on veut procéder dans ce nouvel art, comme l'industrie humaine l'a fait dans tous les autres; c.à.d, en s'appuyant dans la partie la plus facile, on peut diviser la navigation aérienne en deux especes l'une; celle de l'atmosphère tranquille, l'autre celle de l'atmosphère animée par les vents.

Pour réussir dans la première, puisque le mouvement est aisé à communiquer dans ce fluide à l'aérostat, il ne faut que lui appliquer des agens capables de vaincre la résistance de l'air, sur ce corps. Or cette résistance est en raison de la densité locale, et de la surface (non réelle mais absolue) que le mobile oppose: et celle ci est relative à la configuration du corps: nous savons que celle qui oppose la plus petite est la sphérique; conséquemment que celles que les autres opposent est d'autant plus grande, qu'elles s'eloignent de cette figure: telle est la surface plane. donc les aérostats actuels ayant leur grand axe vertical perpendiculaire à la direction des courants, ont une conformation diamétralement opposée

au but qu'on se propose, il est inutile de choisir une forme plus propre à l'ascension puis que cet effet se produira toujours, et assez vite: au lieu qu'on s'efforce d'empecher l'effet contraire, ou de le moderer si on en a besoin; il est donc conséquent d'offrir la plus grande resistance à l'air dans la direction de la gravité;

Ces machines forment un sistême, composé de deux corps très differens; l'un, le Ballon, que j'appelerai desormais Outre; l'autre, le coffre ou cage, que je nommerai aussi desormais Bateau: celui-ci, ne tient à l'autre que par des liens flexibles: sa pesanteur et surtout sa surface sont disproportionnées à celle de l'outre: ainsi l'impulsion et le mouvement ne peuvent être égaux ni simultanés dans les deux corps. le bateau qui n'a environ que le 1/8.me de la largeur du petit axe de l'outre, se trouve encore suspendu à l'extremité inferieure d'un très grand axe, vertical; de sorte que la couche d'air où il se trouve doit opposer une resistance sensiblement plus grande. Les agens moteurs, étant appliqués au bateau, il est évident que cette machine se trouvera dans le meme cas, qu'une planche verticale, qu'on ~~voudroit faire mouvoir~~ tireroit pousseroit par son extremité inferieure, perpendiculairement à son plan; et que l'effet resultant de cette force, doit être, de faire incliner l'axe; l'extremité inferieure montant en avant, et la superieure, baissant en arriere. Et pour produire ce mouvement, il faudra, que les leviers des agens ayant une longueur, ou une surface, ou une vitesse, plus grande en raison inverse, du petit axe de l'outre sur le diametre correspondant du bateau: afin d'annuller, la raison de resistance de l'outre, parceque le mouvement ne se communiquant point, par le centre de gravité du sisteme: et fournir encore une impulsion capable de faire mouvoir toute la machine & a d égale à celle qu'il lui faudroit étant dirigée par le centre de gravité, ou comme lors que le vent la meut.

Avec la construction actuelle, on ne voit pas de possibilité d'adapter les agens moteurs à l'outre; 1° à cause du peu de solidité de l'envelope, eu égard aux grands efforts que ces agens feroient sur les points d'appuy; 2° à cause de la difficulté de les faire agir à une distance aussi grande que celle qui se trouveroit necessairement entre les agens du bateau et les points d'attache: vu les grandes dimensions de ces machines. d'ailleurs, les hommes se trouvent placés à leur égard dans la position la plus desavantageuse pour agir; ne les pouvant voir les mouvemens auroient bien de la peine à se faire regulierement.

Mais si les deux corps du sistême étoient inflexiblement réunis,

il semble qu'à la rigueur, on pourroit appuyer sur le fond du bateau et sur l'axe vertical de la machine, un mouvement méchanique qui, agissant du centre à la circonférence extérieure, feroit mouvoir les agens qui s'y trouveroient attachés: ce moyen très praticable pour une machine hydrostatique, n'est qu'illusoire pour l'aérostat; 1°. parceque tel qu'il est, le sistème ne pouvant être que flexible, il ne peut avoir d'axe permanent; 2°. parceque l'appareil s'il a une force suffisante relativement à la longueur de ses leviers, ou des rayons de l'outre, seroit d'une pesanteur qui emporteroit la plus grande partie de la legereté respective de l'aérostat. il faut donc rejetter tous les moyens trop compliqués, et tous les agens trop lourds. Cette sorte d'économie n'est absolument nécessaire, car on ne peut se dissimuler que la machine a une impuissance relative qui provient du peu de densité de l'air, et une foiblesse de construction qui s'opposent l'une et l'autre aux moyens qu'on pourroit employer pour la navigation dans l'air calme; et à plus forte raison en y joignant les vices de la forme et de la situation actuelle, la navigation dans l'air agité par les vents doit-elle être impraticable: voyons ce qu'on pourroit corriger.

Puisque la forme est indifférente pour obtenir l'équilibre et que d'ailleurs les gas bien plus légers les uns que les autres, donnent la faculté de rendre la même outre plus ou moins pesante il paroit qu'on est le maître ou de changer la forme, ou de rendre l'enveloppe un peu plus solide; ce l'essentiel n'est pas de porter le plus grand poids possible, mais de naviguer. ainsi la difficulté ne gisoit qu'à placer les agens moteurs de manière, que la force imprimée, soit communiquée à la machine la plus entière, la plus simple, et la plus régulière qu'il est possible; et à trouver le moyen de maitriser après le vent pour qu'on puisse la diriger dans ces vues, je ferois l'outre à peu près cilindrique: sa longueur surpasseroit d'un tiers environ, sa largeur; et celle-ci surpasseroit son épaisseur d'un quart ou d'un cinquième. il est facile de l'obliger à prendre ces dimensions au moyen des cordes qui la traverseroient. le grand axe au lieu de se trouver dans la direction verticale comme dans les aérostats actuels seroit horisontal: je ferois l'extremité antérieure de toute plane. je la nommerai proüe l'extremité postérieure que j'appelerai poupe, par la raison contraire seroit à peu près sphérique: tout cela peut être modifié d'après l'expérience, seul juge compétent. Par cette construction, la plus grande surface sera

opposée a la gravité; la plus petite a l'action du courant ou du vent, et la
resistance de la prouë sera environ double de ce qu'elle seroit si elle étoit
sphérique [?]: ce qui diminuera l'accélération relative du mouvement. et
l'action du vent sur un tel aérostat, comparée a celle qu'il exercera par la suite [?]
sera (diminuée) à peu près dans le rapport du quarré du grand axe au quarré du petit.
Le mouvement deviendra presque uniforme puisque le grand axe de l'outre
sera parallele ~~[illegible]~~ la direction des vents et très voisin de l'axe horisontal
d'equilibre du sistême; quelle que soit la place des agens moteurs, ils se trouveront
toujours placés de part et d'autre de cet axe et quatre fois au moins plus
proches des hommes que dans la machine actuelle. car il est absurde de
pretendre les adapter au bateau dans les machines présentes

Maintenant qu'il s'agit de placer notre bateau, on ne peut se dissimuler
tous les obstacles que ce genre de machine oppose; celles de terre ou d'eau,
ainsi que les poissons, d'une forme, d'une construction analogue à l'aérostat,
ont constamment, ou à très peu près la forme, et le volume nécessaire pour
exécuter toutes leurs fonctions. elles ne font point d'effort pour partir, ou pour
s'échaper avant l'instant désiré; ou bien sont assez solides, pour que la
puissance qui les retient, ne les endommage pas; au lieu que l'aérostat
n'existe pour ainsi dire, qu'à l'instant de son depart; il fait dès lors des
efforts très violens pour s'échaper. il est très dificile a retenir soit parce
que l'on craint de le déchirer, soit a cause de la grandeur énorme de
son volume, de sorte que si le Bateau ne se trouve pas joint a l'outre à
la manière présente, il semble qu'on doive être fort embarrassé pour le
charger et pour s'y embarquer.

Néanmoins, nous avons prouvé qu'il le falloit nécessairement disposer
autrement qu'il l'est: il peut l'être de deux manières; a la surface superieure
que je nommerai le dos, ou a la surface inferieure que je nommerai le ventre.
chacune a son avantage et son inconvenient. Je donnerois au bateau
la forme alongée: son grand axe seroit dans le plan de celui de l'outre.
Si l'on place le bateau sur le dos, son fond, plat, pourra ~~être~~ unir bien de [?]
l'envelope (x de l'outre) dans toute son étendue. cette économie diminuera d'autant
la pesanteur du sistême, et servira a lier les deux corps l'un a l'autre d'une
manière inflexible. le bateau sera dans le même cas que l'homme
qui nage dans l'eau porté sur des faisceaux de joncs.

Connoissant la puissance de l'outre, on determinera la grandeur du bateau.
mais pour que l'équilibre se maintienne aisément, il faudra qu'il n'ait (de large) que environ
les 5/6 de la largeur de l'outre: c'est pour cela que nous avons cru qu'il falloit
que celle ci eut plus de largeur que d'épaisseur. Si ces moyens ne suffisoient
pas.

pas, on pourroit appliquer des poids sur les flancs de loutre a lextrémité
de son axe de figure; le Bateau etant placé ainsi, on aura toutes les facilités
possibles d'appliquer sur ses bords et sur son fonds les manœuvres et les agens
moteurs: leur impulsion également repartie des deux cotés de laxe du systeme
et a peu de distance d'elle fera mouvoir la machine avec aisance et
uniformité; a la maniere des rames, ou des nageoires. si lon veut, on
pourra meme les appliquer à loutre et les faire agir directement du bateau.
Mais je pense que la sureté de lequilibre exige quils soient adaptés
peu au dessus du niveau de fonds du bateau. avec quelle facilité
ne pourrat on pas diminuer ou restituer lair a loutre! jetter de droite ou
de gauche des cordages et des grapins pour manœuvrer. aussi est il
possible d'etre posé plus avantageusement pour faire les experiences
phisiques, et toutes les fonctions du corps? mais il est un avantage
bien plus précieux que cette position peut seule procurer c'est que si le sort
fait tomber la machine sur leau, le bateau restera dessus; et peutetre
pourrat on naviguer en ce cas, ce seroit un spectacle vraiment merveil-
leux que de voir la meme machine a lexemple des oiseaux aquatiques
tour a tour voguer sur les flots et planer dans les airs.

Mais en revanche, il semble que le bateau etant au moins chargé de
ses agrés et provisions, il est dificile denfler loutre: ou bien celle ci etant
enflée, de charger le bateau et dy monter avec la précipitation que le
danger de ses efforts exiges. pareillements, lors que loutre touchera terre,
lair ne la supportant plus guerres il est a craindre que le poid du bateau
chargé ne la dechire ou ne la fasse verser. cependant quoique tous ces
inconveniens paroissent tres grands, si la forme que je propose est bonne
en elle meme, on ne doit pas sen effrayer. lindustrie et lexperience
daccord sauront bien trouver des expédiens pour les corriger ou les détruire;
par exemples, il me semble quon pourroit fixer au bateau trois pieces disposés
en triangle lesquels traverseroient loutre et deborderoient en tant fort peu.
sa surface exterieure etant enflée, de sorte que touchant terre elle seroit
par eux soulagée dune grande partie de leffort de la compression. ~~outre~~
de le surface inferieure contre le sol: en jettant des grapins ou des amarres
de droite et de gauche, laccostage seroit aussi assuré quun vaisseau échoué
sur le sable ou dans la rade, sur lequelle le bateau pourroit etre chargé
ou dechargé et les voyageurs y monter dans un instant de tous cotés à laide
de planches ou dechelles de corde: comme le long des flancs des vaisseaux.
la montée nétant guerres que de 30 pies dans une Machine au double
plus grande que celle construite a lyon, laquelle avoit 100 pies de diametre.

En attachant l'un à l'autre, pour que le mouvement imprimé soit à peu près uniforme, et n'exige pas trop de force; il faut que les liens qui ne peuvent être que flexibles, soient les plus courts qu'on pourra, mais la moindre longueur, qu'on puisse leur donner est 6 pieds à commencer du fond du bateau dans cette position, on aura l'avantage de charger le bateau avant d'enfler l'outre, d'y monter et d'en descendre très vite et très facilement, mais on aura à redouter un effet tout naturel difficile à parer; celui qui vient d'arriver à Lyon, d'être coëffé de l'outre: ce qui seroit peut-être continuellement offusqué par cette tête qu'un immense parasol on sera gêné dans ses expériences: Le pis c'est que l'impulsion du vent sera bien plus grande que sur le corps précédent, tandis que l'effort des agens pour s'y soustraire sera beaucoup moindre: d'où il suit qu'il n'est pas sûr qu'on puisse diriger la machine. enfin si elle tombe sur les eaux le bateau submergera d'abord; ou bien sera ensuite renversé par l'outre.

Il nous reste présentement à considérer en particulier les agens de la navigation, il y en a de 4 sortes, les rames, ~~les~~ ailes ou nageoires, le gouvernail, les voiles, et les instrumens propres à augmenter ou diminuer le volume de l'outre, afin de la faire monter ou descendre. lorsque l'air sera calme, ~~ceux de la troisième~~ ceux de la première sorte suffiront, ceux de la troisième ne seroient que nuisibles, et ceux de la 4e sont toujours indispensables.

Connoissant la résistance que la proüe de toute la machine oppose à l'air et la grandeur d'une surface, on pourra déterminer la force ou vitesse avec laquelle il faudra que cette surface frappe l'air, selon une direction parallele à celle de l'axe du mouvement de la machine, pour qu'elle puisse faire équilibre, à la résistance de la proüe: ~~et~~ L'excès de vitesse qu'on lui accordera déterminera la vitesse initiale du mouvement de la machine; et comme nous avons observé que l'accélération dans l'air seroit ou de peu de durée, il s'en suit que la force motrice n'aura pas besoin d'être bien supérieure à l'équilibre. si l'on divise en petits ce levier unique, en autant de paires de leviers qu'on le jugera nécessaire, on les distribuera tout le long des flancs du bateau, ou de ceux de l'outre à distances égales de l'axe horisontal d'équilibre, et les faisant agir avec la vitesse déterminée, autour d'un point fixe, on produira le mouvement de la machine.

Il faut cependant remarquer que les leviers de l'équerre décrivant un arc autour du point d'appui, ne peuvent frapper l'air dans une direction parallele à l'axe d'équilibre, que pendant un instant et dans un seul point de cet arc: ce qui dans la pratique n'arrive encore que par hasard: de plus la direction du choc n'est jamais perpendiculaire au plan de la

d'une aile ou nageoire; qu'ainsi il faut faire la surface ou donner la vitesse plus grande que la théorie ne le prescrit. du reste elle vous laisse le maître de varier sur le nombre et sur la forme de ces agens, afin que vous puissiez vous conformer à ce qu'exigent la forme, et les dimensions de l'outre et du bateau; la raison et la commodité des personnes qui sont portées, ainsi que les operations qu'on doit y faire. mais comme on ne peut guères imprimer qu'une vitesse médiocre, — il faudra plutot augmenter la surface. en les appliquant aux flancs de l'outre, ils se trouveroient presque dans le plan de l'axe horisontal; il faudroit alors moins de force pour produire la même quantité de mouvement; mais aussi — outre les inconveniens allégués au commencement du mémoire, le bras de levier que l'homme tiendra, ou les cordages qui feront agir ces agens, s'ils ont la forme d'ailes ou de nageoires, seront bien plus longs, et bien plus pesans; et la machine étant unie par son centre de gravité si le mouvement n'est pas toujours également reparti des deux cotés, sera dans une oscillation perpetuelle et pourroit même verser. le plus sur et le plus avantageux est donc de les adapter à peu près au niveau du fond du bateau. ce n'est pas — encore tout, il faut de plus que leur jeu se fasse d'une façon pareille à celle des rames, des ailes ou des nageoires, c.a.d. qu'en décrivant l'arc, elles présentent au courant la plus petite surface possible: celle qui approche le plus de leur epaisseur: sans quoi, le mouvement imprimé par le choc, seroit anéanti par la resistance de l'air contre les surfaces.

Si le Bateau est suspendu au ventre de la machine, il est clair que les agens doivent être plus puissans, en raison de leur plus grand éloignement du centre de gravité ~~du sistême~~ et de la flexibilité du sistême.

Quant à la substance dont on doit les faire, puisque l'économie sur le poids est de première nécessité, et que quantité de matières légères resistent très bien à l'impulsion du vent, on pourra je crois employer les plumes, la toille, la Peau le papier ou le carton; et s'ils ont des manches, le bois le plus léger pourvu qu'il soit assés fort sera le meilleur. tel est le bambou d'Europe et des Indes.

Pour naviguer avec les vents si l'on veut suivre leur direction, il n'est pas besoin d'aucun moyen: mais pour les croiser dans le sens qu'on voudra on ne peut se passer de gouvernail. peut être même que cet agent suffiroit seul. car en le tournant d'un coté, en consequence du

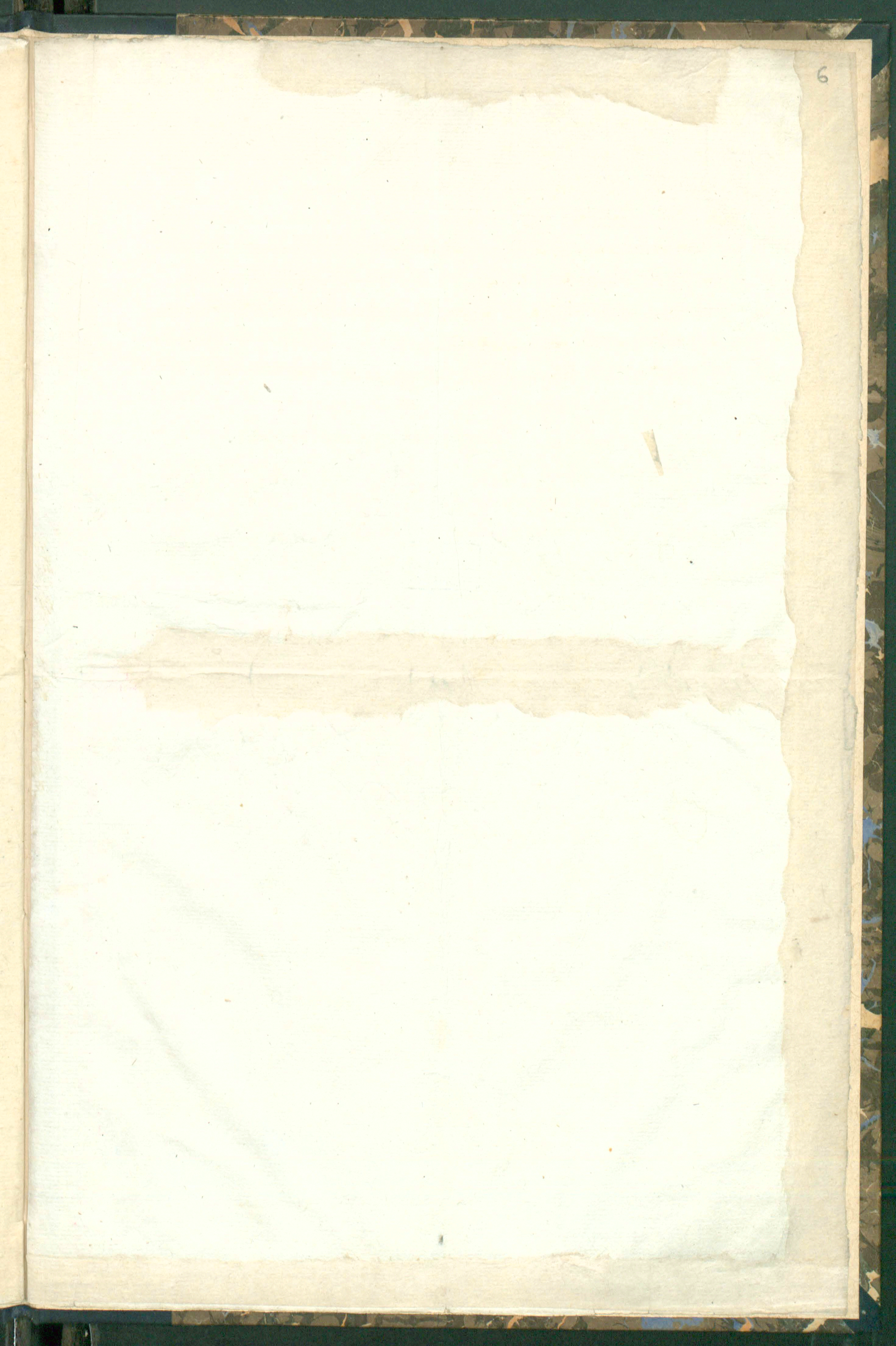
du degré d'obliquité sur lequel on veut diriger sa marche, eu egard a la direction du vent, la machine portera lieu de ses flancs en proportion à la direction du courant ou du vent: sa force sera decomposée en deux autres, dont la resultante sera la direction desirée. en faisant alternativement la meme manoeuvre, mais en sens contraire, on pourra louvoyer et imiter les bateaux qui passent et repassent les rivieres par ce seul moyen. l'experience peut seule determiner positivement la grandeur du gouvernail, parce quelle est relative a sa position eu egard au bateau et a l'outre; mais on voit bien quelle doit etre aussi relative aux rames et a la grandeur de la Machine.

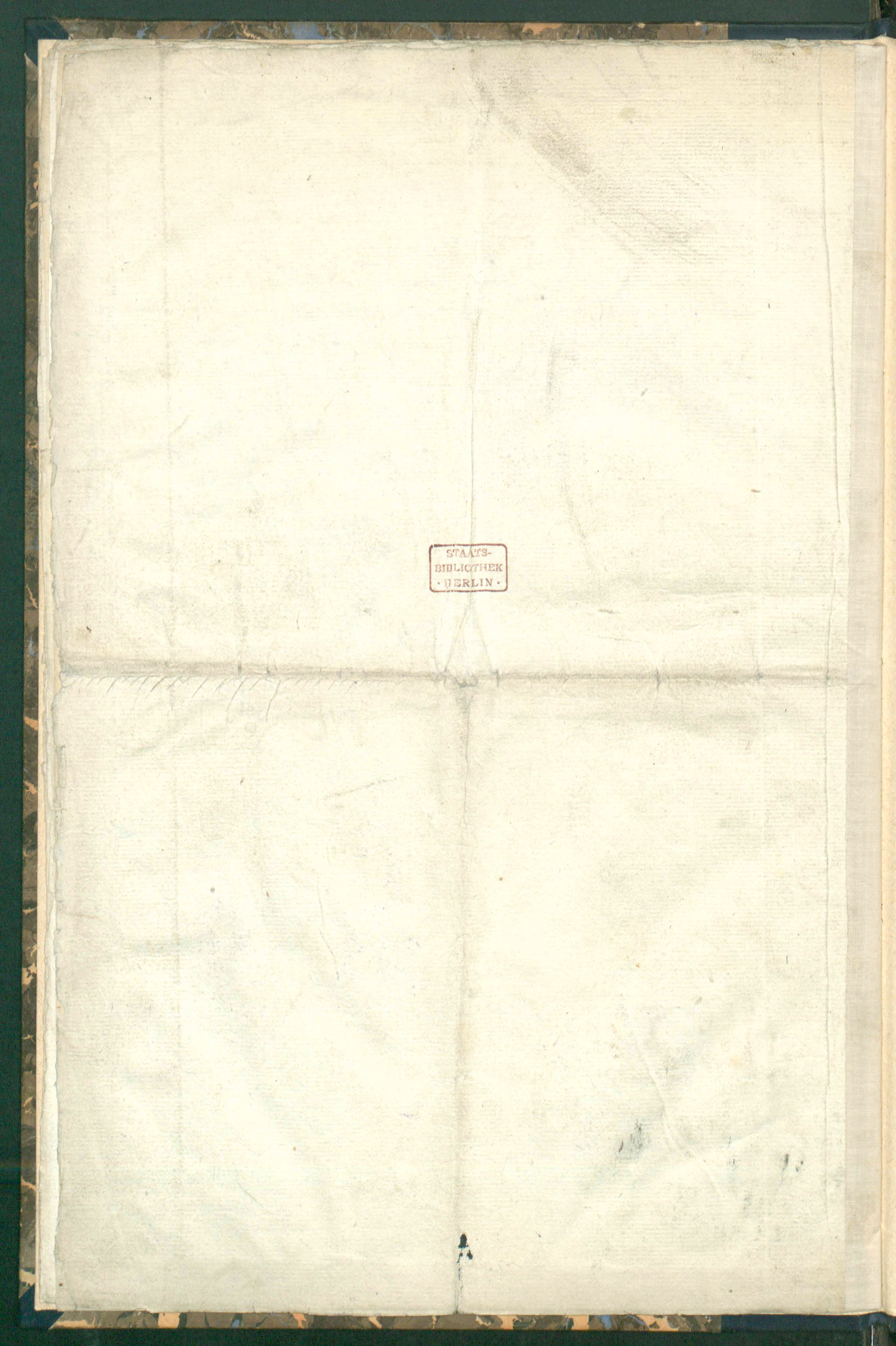
Dans cette sorte de navigation, non seulement on pourroit s'aider de quelques voiles, mais je crois quelles suppléeroient encore au gouvernail. on les placeroit a la proüe et a la poupe: dans une position a l'egard du vent qui put faire le meme effet que le gouvernail sur la machine. quand le bateau est placé sur le dos, on les place au dessus du fond du bateau; il faut quelles soient beaucoup plus etendues en largeur qu'en hauteur afin quelles ne le fassent pas pencher. je presume qu'il seroit facile de les attacher sur les flancs de l'outre, de les y tenir bien collées tant quelles seroient inutiles et au besoin de les relever, de les diriger, et de les assurer par le moyen des ancres et des écoutes.

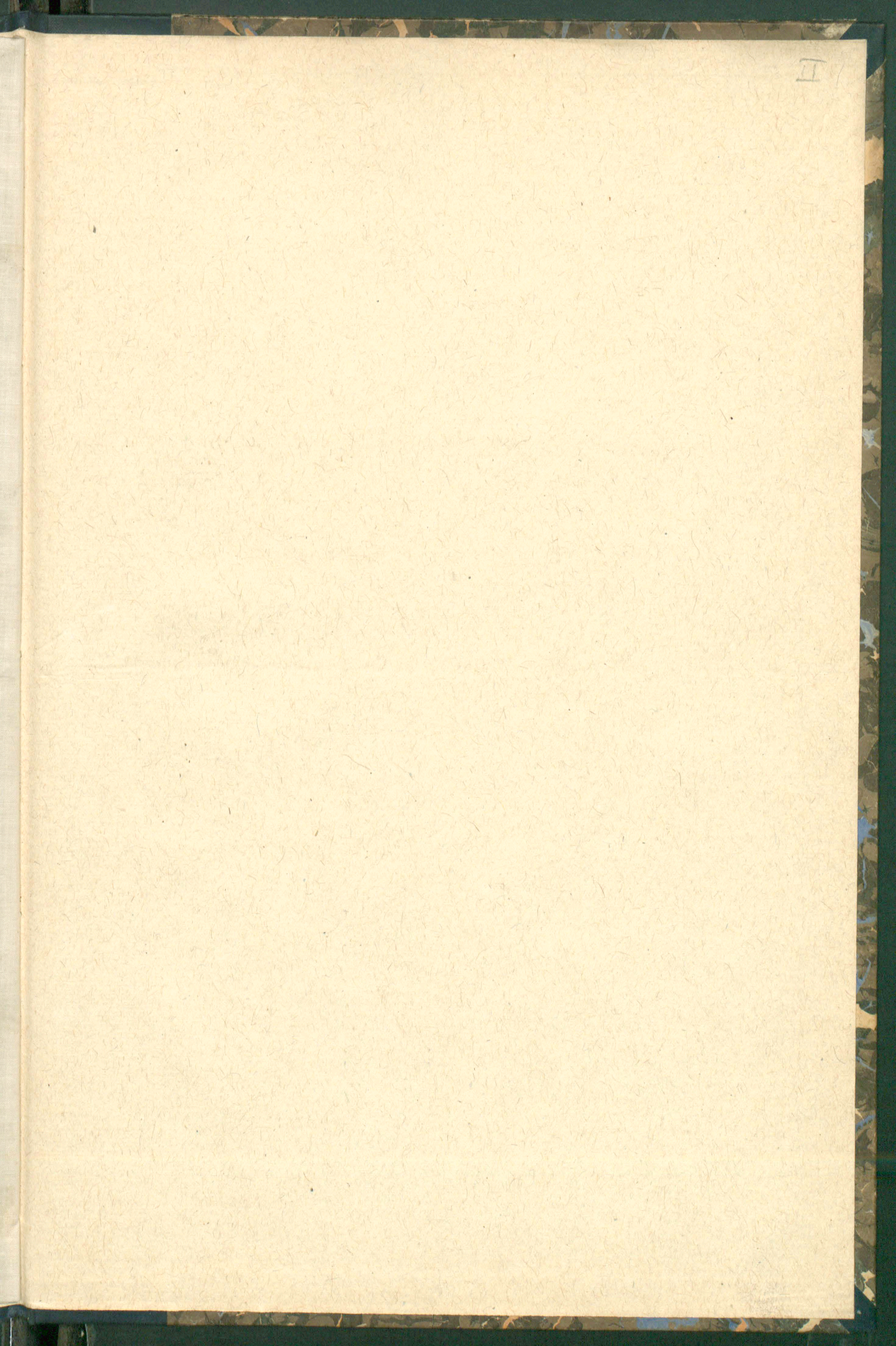
si les courans de l'air (comme on ne peut en douter) n'occupent qu'une zone, en largeur et en profondeur, de meme que les courans de la mer, ou n'ont pas la meme violence dans toute leur étendue, en prenant une direction oblique à celle du vent on pourra s'en sortir; trouver au delà un courant favorable, ou un air assez calme pour employer les rames. Si l'on juge qu'il faudroit naviguer trop long tems avant de quitter cette zone contraire, on aura alors recours au moyen de l'ascension ou de la descension et je crois que ce sera toujours l'expedient le plus sur. il est assez ordinaire de voir regner deux vents contraires: ou le calme dans une région et le vent dans une autre. dans les deux circonstances il est probable que la machine etant plongée dans l'une des zones pourroit se trouver dans le cas du bateau a voiles; imiter ses effets et peut etre remonter le courant. hors ce seul cas, il seroit absurde de penser que n'ayant pas d'autre fluide a opposer au fluide déferent on put naviguer contre sa direction.

à légard des moyens par faire monter ou descendre la machine à volonté, il me paroit qu'un des plus sûrs et des plus comodes seroit ~~celui~~ d'imiter celui des Poissons. en enfermant dans l'intérieur de l'autre un ballon d'une capacité relative: on le remplisoit d'un gas plus léger. et moyennant un canal de communication qui viendroit aboutir a un robinet adapté au fond du bateau et par lequel on pourroit adapter le robinet d'un ou deux autres ballons, on vuideroit celui ci dans ceux là: ou l'on le remplisoit par l'opération contraire. Lorsque ces ballons de décharge n'incommoderoient pas dans le bateau je ne vois pas d'inconvenient de les suspendre par les flancs en dehors.

observation






II

